

莫拉克颱風海象資料分析

楊天璋¹, 朱啟豪¹, 吳中生², 滕春慈¹

1 中央氣象局海象測報中心

2 National Weather Service, Meteorological Development Laboratory,

National Oceanic and Atmospheric Administration, USA

台北市公園路 64 號

POC: cs.wu@noaa.gov at 1-301-713-1768 x166

摘 要

2009年8月7-10日莫拉克颱風於南台灣造成了嚴重的淹水災情，24小時內降下1403mm接近世界記錄的降水量。由8月8日0513Z衛星資料(圖1)可以清楚顯示南台灣籠罩在降雨區內，當時颱風中心氣壓為978hPa，並造成南台灣近岸10-12公尺的波高，當中之海氣交互作用非常複雜。因此，本文針對莫拉克颱風影響期間之海象資料作初步研究分析。

本文將先概述莫拉克颱風路徑及中心氣壓，分析不同大氣模式及觀測風場，接著利用本局及各潮位站與波浪站之觀測資料與波浪模式及暴潮模式做比對分析，重點著眼於颱風停滯南台灣期間所造成的較大波高及暴潮偏差，本文之分析結果將應用於海象預報作業之參考。

一、前言

莫拉克 (Morakot) 颱風是2009年第3個侵台颱風 (編號0908)，最初於8月4日在菲律賓東北方約1000公里海面上生成，5日增強為中度颱風向西移動，6日暴風圈進入台灣東部近海，強度增強繼續向西，7日5時移動速度減慢，並朝西北西至偏西的方向移動，其暴風圈已逐漸進入台灣東部陸地，17時左右轉向西北方向移動，移速仍然緩慢，暴風圈已籠罩台灣各地，23時50分左右在花蓮市附近登陸，8日2時強度略為減弱，並於5時左右轉為偏北前進，11時左右減弱為輕度颱風並往西北方向移動，14時左右於桃園附近出海，並繼續向北北西緩慢移動，9日強度逐漸減弱且其暴風圈逐漸遠離台灣本島，10日5時馬祖已脫離其暴風圈，路徑如圖2所示。

莫拉克颱風豐沛的雨量造成台灣南部與東部嚴重淹水災情，共造成600餘人死亡，鐵公路交通幾乎癱瘓，農林漁牧產物及民間設施所失超過新台幣100億以上，其強烈環流所產生的大浪及暴潮同樣也造成海岸地區淹水及海水倒灌。根據氣象局在全省各地觀測資料顯示，颱風中心登陸最近的花蓮測站測得最大暴潮偏差 (surge) 約70公分，石梯與成功測站約100公分，西北部測站暴潮偏差較小，西南部則約60公分。龍洞、花蓮、成功及大鵬灣資料浮標測站測得的最大波高均超過8公尺，小琉球及鵝鑾鼻觀測到的最大波高更超過10公尺，最大值為小琉球測得12.74公尺

波高。本文主要分成4個部份，第一部分是前言，第二部份分析波浪及潮位站觀測資料，第三部份為模式模擬與分析校驗，第四部份結論。這些初步分析結果可作為海象預報作業之參考。

二、資料分析

本文使用龍洞、龜山島、花蓮、成功、新竹、大鵬灣、小琉球及鵝鑾鼻等浮標測站資料，觀測間隔為1小時，分析颱風侵台期間的波高、風向風速及氣壓的變化，如圖3所示。

(一) 波高

龍洞浮標於7日3時波高逐漸增大，7日9時出現8.8公尺之波高最大值，接著降至5公尺左右上下震盪，8日4時增大至7.4公尺後逐漸減弱到2公尺；颱風形成及結束期間週期約6-8秒，6日19時至8日13時週期介於8-10秒，7日5時至9時甚至達到10秒以上。

龜山島浮標於6日11時波高開始增強，於7日6時達到3.7公尺並持平，8日3時又開始增強至8日6時出現5.4公尺最大波高，波高上下震盪至9日7時後波高逐漸減弱至2公尺；颱風形成及結束期間週期約6-8秒，於波高逐漸增強前週期減弱至4秒，之後週期隨著波高而增強。

花蓮浮標於6日9時波高逐漸增大，7日13時達到測站最大波高9.5公尺，波高隨後減弱，於8日0時又由4.5公尺增強至5.5公尺，之後減弱至1公尺附近；於

最大波高期間週期約8-10秒，其餘階段週期皆約6-8秒上下。

成功浮標於6日2時至15時波高由1公尺上升至3.5公尺，15時至22時呈現平緩趨勢，隨後波高逐漸增大至7日4時之8.6公尺最大波高，接著大幅震盪減弱至1公尺左右；波高大於3公尺期間週期皆大於10秒，於最大波高時更出現14秒的週期。

新竹浮標於颱風發生期間有兩個波高極值發生點，6日13時由波高0.5公尺逐漸增至約3公尺(7日8時)為第一個發生點，隨後上下震盪並減弱至約1.2公尺，波高短暫持平後於9日2時又開始增大，於9日8時達到最大波高約4公尺(此為第二個發生點)並隨之減弱至1.3公尺；新竹浮標量測到的週期與波高並無直接的相關，週期於4-8秒震盪。

大鵬灣浮標4日21時至5日20時波高維持在1.8公尺左右，5日21時波高降至1.2公尺，7日0時波高開始增強，8日7時觀測到9公尺最大波高，一直到颱風警報解除，波高仍在3公尺以上；週期的趨勢與波高非常一致，於波高減弱時週期降至4-6秒，於波高最大時週期增至8-10秒。

小琉球浮標4日21時至5日14時波高維持在2.3公尺，5日15-17時突升至3.3公尺後立即降至約1.8公尺，6日14時波高開始增強，8日7時量測到莫拉克颱風期間最大波高12.74公尺，浮標資料隨之中斷；週期的趨勢與波高非常一致，於波高最大時週期約10秒。

鵝鑾鼻浮標4日21時至5日14時波高維持在2.0公尺，隨後降至約1.4公尺，6日10時波高開始增強，8日12時量測到間最大波高約10.5公尺，一直到颱風警報解除，波高仍在4公尺以上；週期於颱風期間在6秒震盪，最大出現9秒的週期。

上述測站最大波高出現的時間點幾乎都於颱風於陸地上這段期間，僅花蓮、成功及新竹浮標於此段時間呈現波高減弱的趨勢。小琉球浮標量測到於莫拉克颱風侵台時間的最大波高並隨即斷訊，但浮標離颱風中心確有一大段的距離，此現象後續將持續探討。於警報時間結束後，鵝鑾鼻海面仍有4公尺波高持續。

(二) 風向風速

隨著颱風中心接近，測站風速增強，風向也隨之變化，最大風速出現的時間點也不盡相同，如圖4所示。於颱風登陸之北方的龍洞及龜山島測站位，在風向風速的表現上較一致，於颱風登陸前風速增強並吹著北風，當颱風登陸後風速隨即轉變成南風，最大風速約20公尺/秒(8日11時)。但花蓮浮標於颱風登陸前風速突然由5公尺/秒南風轉成10-20公尺/秒東北風(7日8時)，於颱風登陸過後轉成5公尺/秒西南風(8日7時)。成功浮標於颱風登陸前風速微弱且風向不定，於颱風登陸後不久風速突然增強至約20公尺/秒的西

南風(8日5時)，颱風遠離後風速持續減弱。新竹浮標於颱風登陸前增強至20公尺/秒的北風(6日19時)，隨著颱風逼近，風速陡降並呈現不規則的風向，颱風遠離後風向轉成12公尺/秒的西南風(9日6時)。

大鵬灣、小琉球及鵝鑾鼻等西南部測站於風向風速表現一致，颱風逼近台灣時，風向量測到約5公尺/秒的西北風並逐漸增強至10公尺/秒(6日至7日)，於颱風登陸前風向轉變成西南風，風速突增至15公尺/秒(8日1時)。

(三) 氣壓

龍洞及龜山島測站氣壓變化相當一致，最低氣壓出現在颱風登陸期間969.7百帕(8日9時及8時)。最接近颱風登陸地點之花蓮浮標於颱風登陸前量測到氣壓961.4百帕(7日22時)。成功浮球於颱風登陸後量測到全台最低氣壓960.4百帕(8日0時)。新竹、大鵬灣及小琉球測站於颱風登陸期間量測到的氣壓分別為966.7百帕(8日4時)、975.6百帕(8日3時)及975.3百帕(8日1時)。鵝鑾鼻測站於颱風登陸前量測到氣壓約978百帕(7日15時)，如圖4所示。

(四) 颱風期間海溫與降水量

屏東與小琉球測站量測到之海溫與降水量(圖5-1)發現，6日23時降雨量逐漸增加，而海水溫度驟降而漸低。而東岸颱風登陸最近之花蓮測站海溫與降水量較無變化。小琉球浮標在颱風西南端，卻量測到波高12.74公尺。平均週期10秒，波浪尖銳度高，顯示了強大的西南氣流湧入颱風的系統。

三、模式模擬與校驗

中央氣象局海象中心負責暴潮預報業務，本文是利用CWB/SURGE-1暴潮模式來模擬暴潮水位變化，依據流體動力學理論所構成，控制方程式是以2維的動量方程式及連續方程式為主，由於海水溫度和鹽度對水位變化影響不大，屬於淺水波流體，僅考慮一層均勻流體。水平方向之預報變數為風場 u 、 v 及由水面偏離平均海面的位移，空間配置均採用Arakawa C交錯網格，兩者皆是採用經緯度網格點。CWB/SURGE-1模式(徐,1996)範圍西自東經116.375度，東至東經122.75度；南由北緯21.375度，北達北緯26.75度，解析度為0.125度。水平空間差分法是採用二階精確中插法(centered finite difference scheme)，時間積分採用跳蛙法(leap frog scheme)，數值模式中天文潮之引潮力是由開口邊界輸入M2，H2等9至16種主要深海分潮。

中央氣象局海象中心所使用的外海風浪預報模式係引進美國海洋及大氣總署(National Oceanic and

Atmospheric Administration, NOAA) 的 NWW3 (NOAA WAVEWATCH III) 模式 (Chen 2001, Tolman 2002), 進行西北太平洋海域的波浪預報。海象中心使用三層式波浪作業模式, 最外層是 CWB/NWW3-1 (徐和林, 2003), 涵蓋範圍包括了台灣海峽、東海、黃海、南海及部份西北太平洋海域, 網格點的分割係以 0.5 個經緯度為單位。第 2 層是 CWB/NWW3-2, 涵蓋範圍是以台灣為中心的海域, 網格解析度為 0.25°, 其邊界條件係由 NWW3-1 所提供。最內層為 SWAN-3 近海波浪模式, 網格解析度為 0.05 度, 以台灣周圍海域為主。為了觀察莫拉克颱風的波浪變化情況, 本文利用第 1 層 CWB/NWW3-1 波浪模式搭配日本模式 JMA 風場來模擬颱風波浪變化。

(一) 暴潮模式校驗

分析全台各潮位站的資料顯示, 暴潮水位最大值的地區和颱風中心的位置有密切相關。莫拉克颱風於 7 日 23 時 50 分左右在花蓮市附近登陸, 8 日 14 時左右於桃園附近出海, 屬於 PLN 路徑 (颱風中心登陸且西向經過北部陸地), 根據颱風中心路徑, 本文選擇基隆、花蓮、成功、將軍及後壁湖(南灣)等潮位站, 分析觀測之暴潮水位變化, 並比較觀測與模式之暴潮偏差之差異。基隆、花蓮與成功測站發生暴潮偏差最大時為颱風登陸前夕, 數值分別為 42.4 公分(7 日 4 時)、70.6 公分(7 日 5 時 24 分) 及 74.1 公分(7 日 11 時 6 分), 將軍測站為颱風出海後, 數值為 61.0 公分(8 日 16 時 18 分), 南灣測站則發生於颱風仍於台灣陸地上, 數值為 34.0 公分(8 日 11 時 36 分)。透過模式與觀測之暴潮偏差比較得知 (圖 8), 花蓮與成功測站模式之暴潮偏差與颱風的路徑一致。

(二) 波浪場模擬結果

莫拉克颱風於台灣東方海面生成, 一路持續橫移往台灣方向移動。圖 6-1 顯示大浪區於花蓮外海(颱風中心北方), 台灣周圍海域波高均在 4 公尺以上。颱風持續北移但大浪區出現在台東外海(颱風中心南方), 最大波高達 12 公尺。颱風登陸台灣本島(圖 6-2), 浪高減弱但仍有 10 公尺之波高位於台灣東方海面。圖 6-3 顯示颱風出海後, 東部的大浪區持續往北移動, 西南部的波高減弱, 台灣周圍海面仍有 4 公尺以上的波浪。

(三) 波浪模式校驗

綜觀東部測站(龍洞、龜山島、花蓮及成功), 模式波高皆大於觀測值, 但對波高初期逐漸增強之趨勢掌握的不錯。在龍洞及花蓮這些觀測點上模式皆有掌握到波高極值, 但最大值發生時間比實測稍早了半天左右。模式於龜山島測站模擬表現稍差, 無論是強度或發生時間, 模式與實測波高均有差距。成功站在 6

日到 7 日間模擬與觀測吻合, 但在 7 日 4 時實際最大波高發生時模擬的波浪強度不夠, 反而是晚了半天才模擬出最大波高。花蓮及成功測站觀測波高在達到極值後急速減弱, 模式模擬無法詮釋此一現象, 如圖 7 所示。

西部測站(新竹、大鵬灣、小琉球及鵝鑾鼻)普遍模擬結果甚佳, 新竹測站模式有掌握於颱風期間兩個極值的趨勢變化, 但於後者的極值描述較差; 大鵬灣、小琉球及鵝鑾鼻測站模式於颱風期間波浪變化符合預期, 但各測站的極值則表現稍弱, 如圖 7 所示。

四、結論

本文初步利用海象觀測網觀測資料進行莫拉克颱風海象資料分析, 藉由分析風、波浪、潮位及海溫資料, 可歸納以下幾點:

- 1、資料浮標所觀測到的風向風速可幫助颱風中心路徑及轉向的判定。東部測站波高最大值多出現在颱風登陸前, 颱風中心登陸後波高隨即逐漸減弱。比較特別的是, 小琉球及鵝鑾鼻雖然不在颱風七級暴風半徑內, 但仍測到 10 公尺以上之波高, 暗示強烈西南氣流(如圖 1)。由上述可知, 即使台灣海岸地區已脫離七級暴風半徑, 其波高及水位仍有可能出現極大值。

- 2、當颱風降雨量劇增時, 小琉球浮標風浪皆增, 而海水溫度驟降, 此後海溫隨著降雨量漸緩而漸低。颱風登陸最近之花蓮測站, 海溫與降水量較無變化, 而且波浪較小在深海。小琉球浮標在颱風西南端測到波高 12.74 公尺。平均週期 10 秒, 波浪尖銳度高, 顯示了強大的西南氣流湧入颱風的系統, 其中海氣交互作用, 值得後續研究。

- 3、經初步分析波浪模式對於波浪變化的趨勢模擬表現不錯, 對於極值的掌握稍差, 且極值的相位與實際觀測亦有延誤, 可能大氣模式風場有時差, 有些浮標不在深海造成能量擴散。

- 4、模擬颱風暴潮時, 若暴潮值低於天文潮需先分析實測潮位與模式預測結果比較, 另外關於潮汐與暴潮交互作用(tide-surge interaction)或颱風引起的長浪對於暴潮的影響 我們將進一步探討分析。

五、參考文獻

- 1.Chen, H.-S.,2001: Wind wave prediction models for Far East area. Proceedings of the 6th Workshop on Ocean Models for APEC Region.
- 2.Hsu, Y.- J. G. and F.- J. Lin, 2003: Evaluation of the Operational CWB/NWW3 Wave Model for the Taiwan Region in 2002. The 10th Workshop on Ocean

Models for the APEC Region (WOM-10), OMISAR Project Publication, October 7-10, 2003, Hanoi, Vietnam, pp 1.1-1.19.

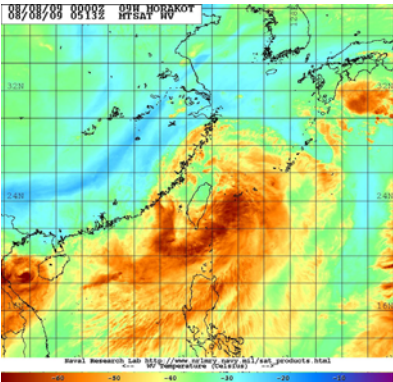


圖 1 Geo-vapor taken by NRL on 08/08/09

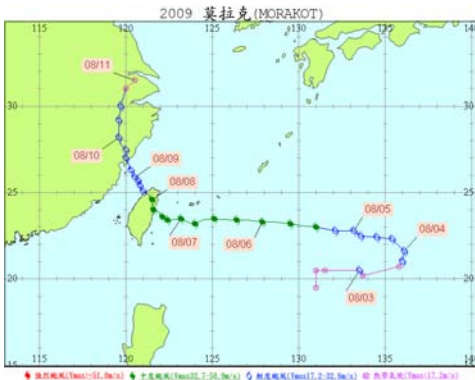


圖 2 莫拉克颱風路徑圖

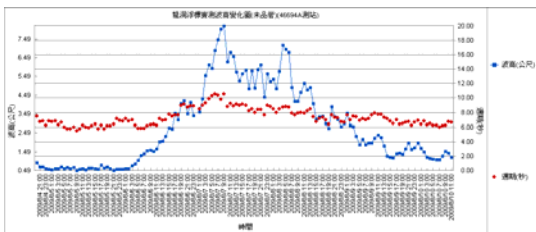


圖 3-1 龍洞浮標波高及週期時序圖



圖 3-2 龜山島浮標波高及週期時序



圖 3-3 花蓮浮標波高及週期時序圖

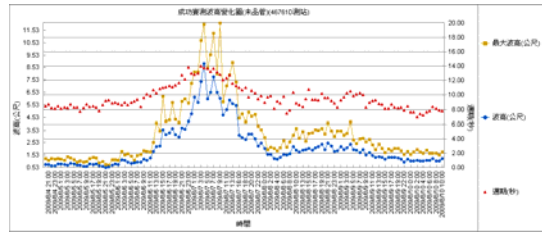


圖 3-4 成功浮標波高及週期時序圖



圖 3-5 新竹浮標波高及週期時序圖



圖 3-6 大鵬灣浮標波高及週期時序圖

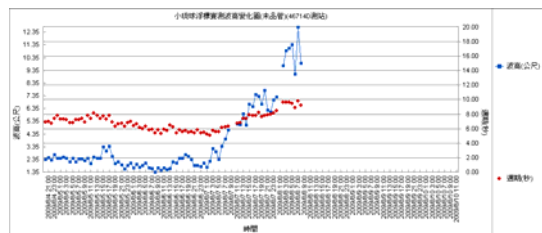


圖 3-7 小琉球浮標波高及週期時序圖

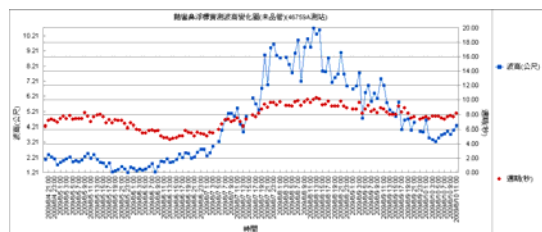


圖 3-8 鵝鑾鼻浮標波高及週期時序圖

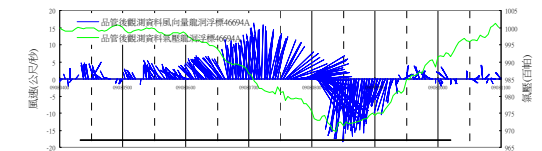


圖 4-1 龍洞浮標風向風速時序圖

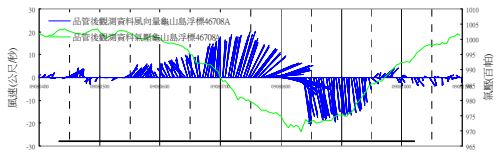


圖 4-2 龜山島浮標風向風速時序圖

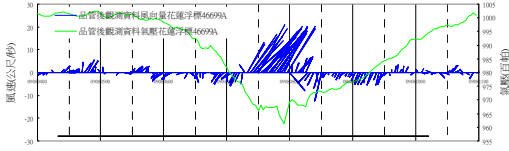


圖 4-3 花蓮浮標風向風速時序圖

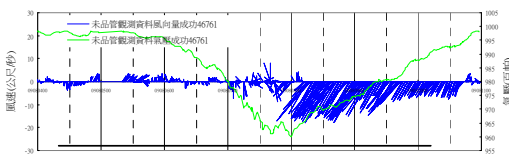


圖 4-4 成功浮標風向風速時序圖

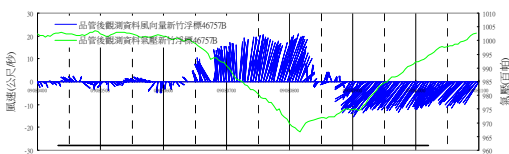


圖 4-5 新竹浮標風向風速時序圖

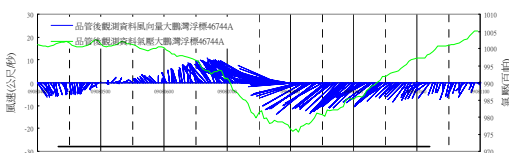


圖 4-6 大鵬灣浮標風向風速時序圖

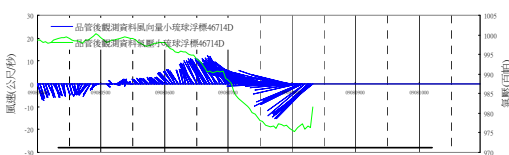


圖 4-7 小琉球浮標風向風速時序圖

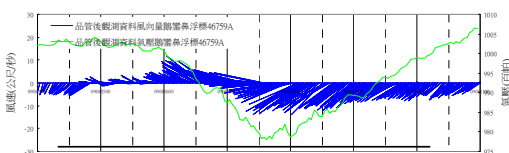


圖 4-8 鵝鑾鼻浮標風向風速時序圖

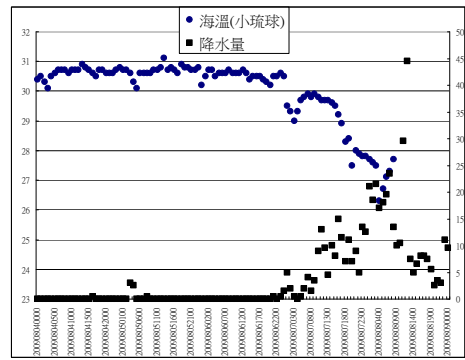


圖 5-1 小琉球測站海溫與降雨量時序圖

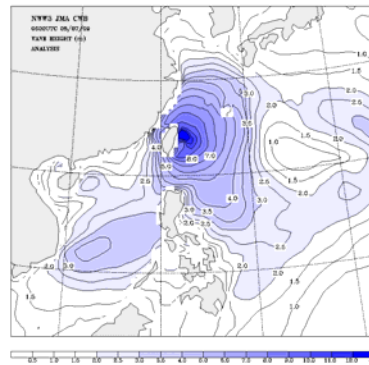


圖 6-1 NWW3 模式面波浪場 8/7 14 時

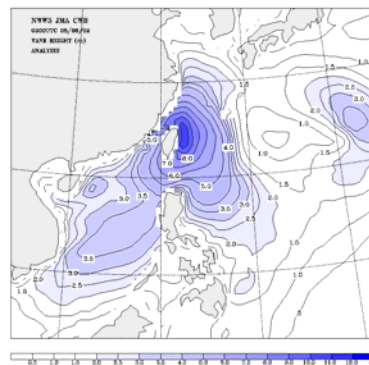


圖 6-2 NWW3 模式面波浪場 8/8 08 時

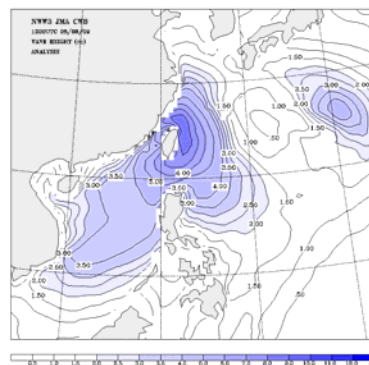


圖 6-3 NWW3 模式面波浪場 8/8 20 時

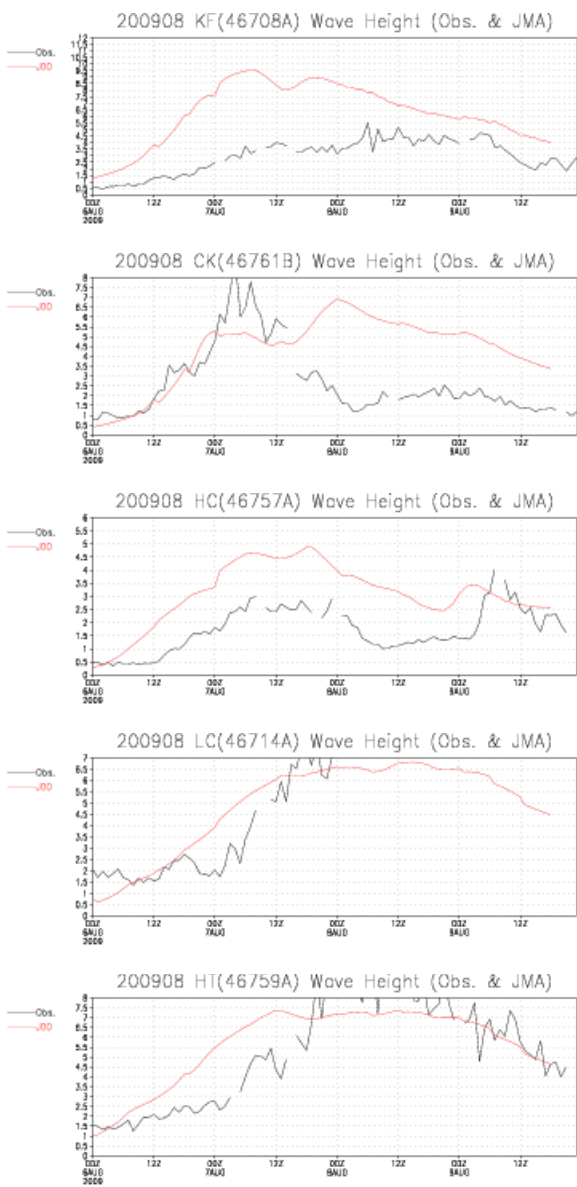


圖 7 觀測與模式波高時序列圖

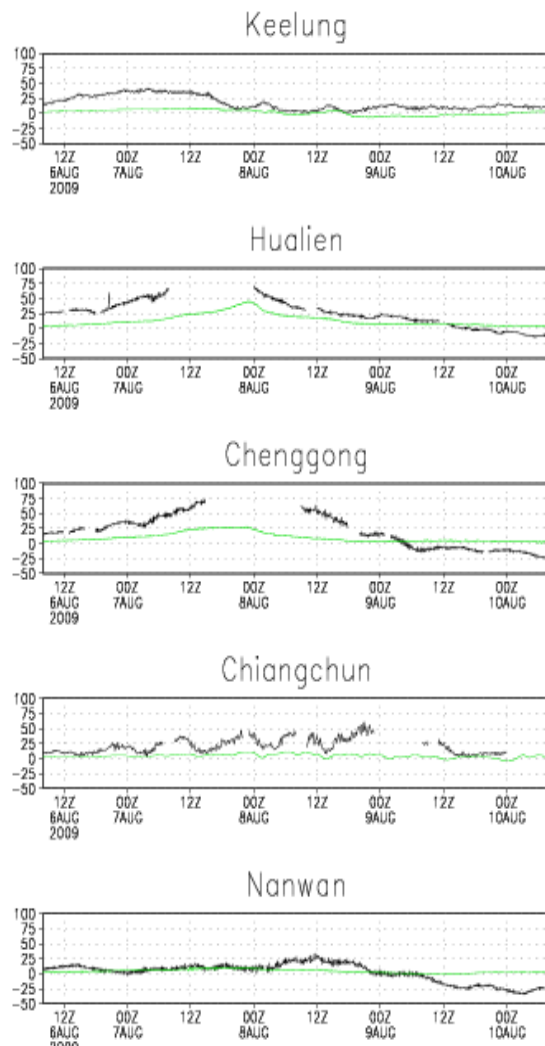


圖 8 模式與觀測暴潮偏差時序列圖